

Rod ignition coil, especially for internal combustion engine, has cylindrical housing containing outer and coil bodies with primary and secondary windings, and central weakly magnetic core

Publication number: DE19927820

Publication date: 2000-07-06

Inventor: ROSENMANN FRIEDHELM (DE); WENDEROTH THOMAS (DE); BREMICKER ERNST-CH (DE)

Applicant: BREMI AUTO ELEKTRIK ERNST BREM (DE)

Classification:

- **international:** *H01F38/12; H01F38/00; (IPC1-7): H01F38/12*

- **european:** H01F38/12

Application number: DE19991027820 19990618

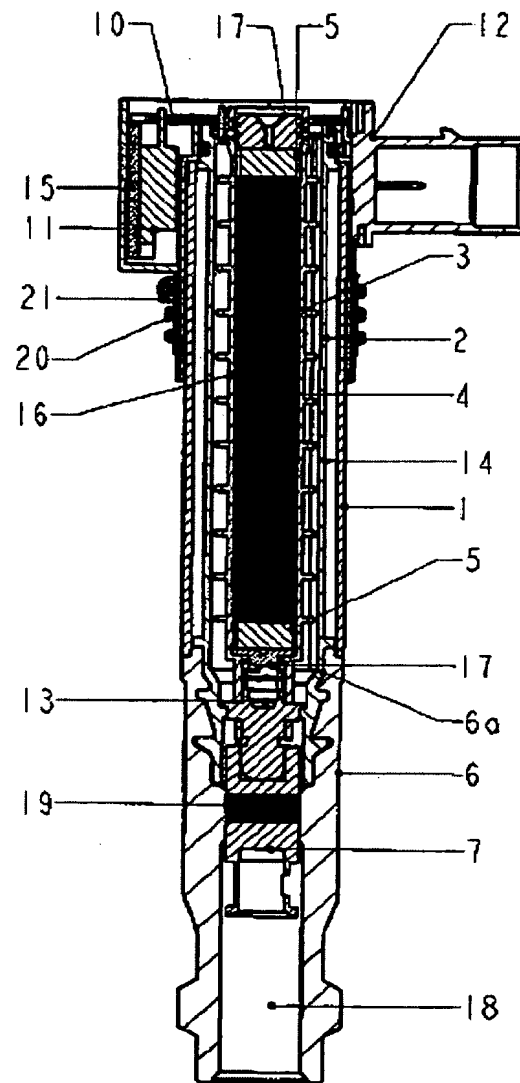
Priority number(s): DE19991027820 19990618; DE19981049506 19981027

Report a data error here

Abstract of DE19927820

The ignition coil has cylindrical housing (1) containing an outer coil body (2) concentric with its longitudinal axis with a first winding, especially the primary winding connected to the supply voltage, an inner coil body (3) with a second winding, especially the secondary winding connected to the ignition arrangement, and a central weakly magnetic core (4). The housing forms part of a magnetic short for a magnetic circuit containing the core. The interior is partly filled with electrically insulating setting material and contains annular volume (16,14) between the core and inner coil body and between the outer coil body and the housing. At least the latter is not filled with setting material.

FAST AVAILABLE CCFI



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 199 27 820 C 1

51 Int. Cl.⁷:
H 01 F 38/12

21 Aktenzeichen: 199 27 820.2-34
22 Anmeldetag: 18. 6. 1999
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 7. 2000

DE 199 27 820 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

66 Innere Priorität:
198 49 506. 4 27. 10. 1998
73 Patentinhaber:
Bremi Auto-Elektrik Ernst Bremicker GmbH, 58566
Kierspe, DE
74 Vertreter:
COHAUSZ & FLORACK, 40472 Düsseldorf

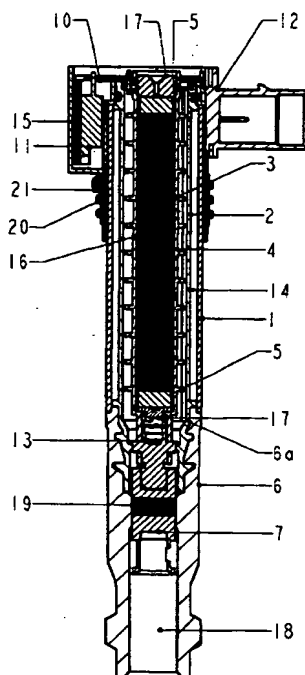
72 Erfinder:
Rosenmann, Friedhelm, 58513 Lüdenscheid, DE;
Wenderoth, Thomas, 58566 Kierspe, DE; Bremicker,
Ernst-Ch., 58566 Kierspe, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE-AS 11 20 214
DE 197 03 161 A1
DE 197 02 438 A1
EP 07 82 231 A1

54 Stabzündspule

57 Stabzündspule zur Versorgung eines Zündmittels, insbesondere einer Zündkerze einer Brennkraftmaschine, mit Hochspannung, bestehend aus einem zylindrischen Gehäuse (1), innerhalb welchem jeweils konzentrisch zur Gehäuse längsachse ein äußerer Spulenkörper (2) mit einer ersten Wicklung, insbesondere der mit der Versorgungsspannung verbundenen Primärwicklung, ein innerer Spulenkörper (3) mit einer zweiten Wicklung, insbesondere der mit dem Zündmittel verbundenen Sekundärwicklung, und zentral dazu ein weichmagnetischer Kern (4) angeordnet sind, wobei das Gehäuse (1) einen Teil eines magnetischen Rückschlusses für einen den weichmagnetischen Kern (4) enthaltenden magnetischen Kreis bildet, und wobei der Innenraum des Gehäuses (1) zum Teil mit einer elektrisch isolierenden Vergußmasse ausgefüllt ist und wobei zwischen dem Kern (4) und dem inneren Spulenkörper (3) ein erster Ringraum (16) und zwischen dem äußeren Spulenkörper (2) und dem Gehäuse (1) ein weiterer Ringraum (14) gebildet ist. Zur Weiterentwicklung einer Stabzündspule dahingehend, daß im Zusammenhang mit thermischen Dehnungen stehende Probleme unterbunden werden, ist vorgesehen, daß mindestens einer der beiden Ringräume nicht mit Vergußmasse ausgefüllt, d. h. luftgefüllt, ist.



DE 199 27 820 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Stabzündspule zur Versorgung eines Zündmittels, insbesondere einer Zündkerze einer Brennkraftmaschine, mit Hochspannung, bestehend aus einem zylindrischen Gehäuse, innerhalb welchem jeweils konzentrisch zur Gehäuselängsachse ein äußerer Spulenkörper mit einer ersten Wicklung, insbesondere der mit der Versorgungsspannung verbundenen Primärwicklung, ein innerer Spulenkörper mit einer zweiten Wicklung, insbesondere der mit dem Zündmittel verbundenen Sekundärwicklung, und zentral dazu ein weichmagnetischer Kern angeordnet sind, wobei das Gehäuse einen Teil eines magnetischen Rückschlusses für einen den weichmagnetischen Kern enthaltenden magnetischen Kreis bildet, wobei der Innenraum des Gehäuses zum Teil mit einer elektrisch isolierenden Vergußmasse ausgefüllt ist und wobei zwischen dem Kern und dem inneren Spulenkörper ein erster Ringraum und zwischen dem äußeren Spulenkörper und dem Gehäuse ein weiterer Ringraum gebildet ist.

Hochleistungsstabzündspulen sind aus dem Stand der Technik bekannt. Diese dienen hauptsächlich zur Erzeugung der Zündkerzenhochspannung in nach dem Otto-Prinzip arbeitenden Brennkraftmaschinen. Eine solche Stabzündspule stellt einen Hochspannungstransformator dar mit einem Magnetkreis, der aus einem von Sekundär- bzw. Primärspule umschlossenen Hauptkern, in dem sich ein Luftspalt befinden kann, sowie aus Rückschlußschenkeln bzw. Jochteilen besteht. Bei Stabzündspulen wird der magnetische Rückschluß durch das aus gebogenem Elektroblech gebildete Gehäuse dargestellt. Die Primärwicklung einer solchen Stabzündspule wird über eine Steuerelektronik von einer Versorgungsspannung versorgt. Die Steuerelektronik unterbricht den Primärstrom, wodurch sekundärseitig Hochspannungsimpulse zur Beaufschlagung der Zündkerze erzeugt werden.

Eine Stabzündspule der eingangs genannten Art ist aus der EP 0 782 231 bekannt. Diese ist im Inneren des Gehäuses durch Einspritzen eines elektrisch isolierenden Harzes vergossen. Dieses Vergießen dient dem Zweck, daß die im Inneren des Gehäuses angeordneten Bauteile (weichmagnetischer Kern, Spulenkörper mit Primär- und Sekundärspule) in ihrer gewünschten Lage fixiert werden, ohne daß weitere Haltemittel erforderlich sind. Zur Vermeidung von durch die Gießharzfüllung entstehenden inneren Spannungen ist die Gehäuse-Innenwand mit einem elastischen Medium beschichtet und der Zwischenraum zwischen dem elastischen Medium und den im Gehäuseinneren angeordneten Bauteilen (Spulenkörper, Kern) mit elektrisch isolierendem Harz ausgefüllt. Hierdurch werden thermische Dehnungen, die zu Rißbildungen im Gehäuseinneren führen könnten, vermieden.

Nachteilig ist bei dieser Anordnung jedoch, daß das Vorsehen einer solchen elastischen Beschichtung einen fertigungstechnischen Zusatzaufwand darstellt.

Die DE 197 02 438 A1 offenbart eine Zündspule für Brennkraftmaschinen mit einem ferromagnetischen Stabkern, welcher von einem Innenhüllzylinder umgeben ist. Der Innenhüllzylinder trägt eine Wicklung, welche von einem Außenhüllzylinder mit einer zweiten Wicklung umgeben ist. Der Stabkern weist mindestens einen Luftspalt auf. Zwischen der zweiten Wicklung und einem Gehäuse, welches die Stabzündspule nach außen hin begrenzt, ist eine längsgeschlitzte Hülse aus weichmagnetischem Material angeordnet, welche über eine Scheibe mit dem Stabkern verbunden ist. Die längsgeschlitzte Hülse kann alternativ auch selber als Gehäuse fungieren oder das Gehäuse umgeben. Zwischenräume zwischen dem Stabkern, dem Innenhüllzylinder, dem Außenhüllzylinder und dem Gehäuse sind mit

einer elektrisch isolierenden Vergußmasse ausgefüllt.

Aus der DE-AS-11 20 214 ist eine Zündspule für Kraftfahrzeuge bekannt, bei welcher der Primärwickel und der Sekundärwickel konzentrisch zueinander angeordnet und Durchbrüche zur Kühlung durch Luft im Boden und im Kopf des Gehäuses der Zündspule angebracht sind. Zwischen den beiden Wickeln sowie zwischen dem Äußeren der beiden Wickel und dem Gehäuse sind ringförmige Räume vorgesehen, so daß Kühlluft dort hindurchströmen kann.

Die DE 197 03 161 A1 offenbart einen Wicklungsdraht und eine Transformatorwicklung, welche mit einem Isolierlack beschichtet sind, wobei der Isolierlack wiederum intermittierend mit einem Backlack beschichtet ist. Mit einem derart beschichteten Wicklungsdraht läßt sich eine Transformatorwicklung aufbauen, bei der die Verklebung des Wicklungsdrahtes mit einer Isolationszwischenlage mit Hilfe des Backlackes erfolgt. Zwischen Isolationslack und Isolationszwischenlage bilden sich Kanäle zum Austreiben von Feuchtigkeit und zur Ölimprägnierung der Isolationszwischenlage aus.

Als nächstkommender Stand der Technik wird die aus der DE 197 02 438 A1 bekannte Stabzündspule für Brennkraftmaschinen angesehen, weil sie als einzige der zitierten Entgegenhaltungen die Verwendung von isolierender Spritz- oder Vergußmasse bei Stabzündspulen für Brennkraftmaschinen thematisiert.

Gemäß der DE 197 02 438 A1 sind die Zwischenräume zwischen Stabkern und Innenhüllzylinder, zwischen Innenhüllzylinder und Außenhüllzylinder und sowie Außenhüllzylinder und Gehäuse mit Vergußmasse ausgefüllt. Daraus resultiert der Nachteil, daß Spannungen im Inneren der Stabzündspule, beispielsweise durch thermische Dehnungen verursacht, nicht kompensiert werden können und es somit zu Rißbildungen bei einzelnen Komponenten der Stabzündspule kommen kann.

Ausgehend von der DE 197 02 438 A1 ist es deshalb die Aufgabe der Erfindung, die dort offenbarte Stabzündspule derart weiterzuentwickeln, daß ihre Herstellung vereinfacht wird, daß aber gleichwohl die im Zusammenhang mit thermischen Dehnungen stehenden Probleme unterbunden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß das Innere des Stabzündspulenkörpers im Bereich zwischen der äußeren Wicklung und dem Gehäuse von der Vergußmasse ausgespart ist. Somit kann sich die Wicklung bei Erwärmung thermisch ausdehnen, so daß es nicht zu inneren Spannungen kommt.

Dabei ist es vorzugsweise wünschenswert, daß die Innenfläche des inneren Spulenkörpers mindestens teilweise leitfähig beschichtet ist.

Alternativ und ergänzend dazu kann auch vorgesehen sein, daß die Innenwandung und/oder die Außenwandung des äußeren Spulenkörpers jeweils mindestens teilweise leitfähig beschichtet ist/sind.

Zur Fixierung können die Wicklung(en) eine sogenannte Backlackbeschichtung tragen. Hierbei handelt es sich um ein unter thermischer Einwirkung schmelzendes Lack, mit dem die Wicklungen fest miteinander verklebt sind. Hierdurch läßt sich eine Stabilität der Wicklungen erreichen, die derjenigen von vergossenen Spulenkörpern entspricht.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß die der Primärwicklung zugeordnete Steuerelektronik in einer seitlich am Gehäuse angeordneten Gehäuseeinheit untergebracht ist. Hierdurch ergibt sich eine re-

duzierte Bauhöhe der Anordnung, die den aktuellen und zukünftigen Anforderungen der Automobilindustrie entspricht.

Im Zusammenhang damit ist es dann von Vorteil, wenn in der Steuerelektronik vorgesehene Leistungshalbleiterbauelemente wärmeleitend mit der Außenfläche des Gehäuses verbunden sind. Dabei dient die Außenfläche des Gehäuses gleichzeitig als Kühlfläche für den Leistungshalbleiter, d. h. daß durch die wärmetechnische Kopplung von Leistungshalbleiter und Gehäuse eine Wärmeabführung erfolgen kann.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht vor, daß die Steuerelektronik auf einer Platine angeordnet ist. Anstelle bisher verwendeter Stromschienen und mechanischer Elemente in Form von gebogenen Stanzteilen kann jetzt eine integrierte Anordnung verwendet werden, die in geeigneter Weise eine Verbindung mit dem Leistungshalbleiter ermöglicht.

Eine bevorzugte Variante der Erfindung sieht vor, daß ein die Stabzündspule und die Zündkerze hochspannungsfest überdeckender Verbindungsabschnitt aus flexiblem, insbesondere elastomerem Material vorgesehen ist, welcher zündspulenseitig einen Anschlußabschnitt aufweist, im Bereich dessen das Gehäuse und mindestens einer der beiden Spulenkörper elastisch miteinander gekoppelt sind. Dabei ist das Elastomermaterial des Verbindungsabschnittes vorzugsweise um einen der beiden Spulenkörper herum in den Bereich zwischen Gehäuse und Spulenkörperaußenfläche gespritzt und montiert. Hierdurch ist an der Stelle, an der der äußere Ringraum gebildet ist, ein Dehnungen bzw. Spannungen aufnehmender Abschnitt gebildet.

Ein anderer wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, daß die leitfähige Beschichtung der Innenfläche des inneren Spulenkörpers durch ein zwischen Kern und Spulenkörper angeordnetes leitfähiges Medium gebildet ist, wobei das Medium aus Kunststoff, Papier mit einer entsprechenden Leitfähigkeit bzw. Metall gebildet sein kann.

Zur axialen Sicherung des weichmagnetischen Kerns sind einseitig oder beidseitig des Kerns gummielastische Pufferelemente vorgesehen. Die Gestaltung eines solchen gummielastischen Pufferelementes kann zur Vereinfachung der Herstellung so vorgesehen sein, daß vorteilhaft eine axiale zentrale Bohrung vorgesehen ist. Alternativ oder ergänzend dazu kann die Gestaltung durch die Einbaurichtung entgegengerichtete Lamellen am Außenumfang der gummielastischen Pufferelemente erfolgen.

Zur Verbindung zwischen Zündspule und Zündkerze kann ein in seiner Länge variabler Verbindungsstecker vorgesehen sein, so daß unterschiedliche Bauhöhen, bedingt durch unterschiedliche Motorengrößen, ausgeglichen werden können. Eine fertigungstechnisch einfache Verbindung sieht vor, daß der Verbindungsstecker so ausgebildet ist, daß er auf den Hochspannungsanschluß der Zündspule aufrastbar gestaltet ist, und zwar unter Ausbildung einer unlöslichen Rastverbindung, insbesondere mittels einer Formfeder.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Hochleistungsstabzündspule

Fig. 2 einen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Hochleistungsstabzündspule.

Die Stabzündspule nach dem ersten Ausführungsbeispiel besteht aus einem zylindrischen Gehäuse 1, welches sich in Richtung der (nicht dargestellten) Zündkerze in Form eines Verbindungsabschnittes 6 fortsetzt, welcher aus flexiblem Material gestaltet ist.

Das zylindrische Gehäuse 1 beinhaltet einen zentral angeordneten weichmagnetischen Kern 4, vorzugsweise aus geschichtetem kornorientierten Elektroblech. Um den Kern herum ist ein innerer Spulenkörper 3 angeordnet, auf welchem eine als Sekundärspule dienende Wicklung aufgebracht ist. Diese Wicklung steht in Verbindung mit einem Hochspannungsanschluß 7, welcher in nicht dargestellter Weise mit der Zündkerze elektrisch verbunden ist.

Wiederum um den inneren Spulenkörper 3 herum ist ein äußerer Spulenkörper 2 angeordnet, welcher eine als Primärwicklung ausgeführte weitere Wicklung trägt.

Die Primärwicklung ist über eine Steuerelektronik, die in einem seitlich des Gehäuse 1 angeordneten weiteren Gehäuse 15 untergebracht ist, mit einer Versorgungsspannung verbunden. Die Verbindung erfolgt über einen Primärstecker 12.

Die Steuerelektronik hat die Aufgabe, den von der Versorgungsspannung gelieferten Gleichstrom geeignet zu unterbrechen, so daß sich durch die als Transformator wirkende Kombination aus Primär- und Sekundärspule sekundärseitig eine hohe pulsformige Spannung ergibt, mit der die Zündkerze beaufschlagt wird.

Der im Inneren der Sekundärspule angeordnete weichmagnetische Kern 4 weist im Bereich seiner oberen bzw. unteren Enden Permanentmagnete 5 auf, die geeignet mit dem Kern 4 verbunden sind. Der Rückschluß des so ausgebildeten magnetischen Kreises erfolgt dadurch, daß das Gehäuse 1 aus gebogenen Elektroblechteilen besteht.

Zur elektrischen Entstörung sind im Bereich des Hochspannungsanschlusses 7 Entstörwiderstände 8 und im Bereich des Primärsteckers 12 Entstörkondensatoren 13 vorgesehen. Das Innere des Gehäuses 1 ist teilweise mit einer Harzfüllung vergossen. Hierzu sind auf der Oberseite des Gehäuses Einspritznippel vorgesehen, mittels denen die Harzmasse in den Bereich zwischen innerem und äußerem Spulenkörper eingespritzt wird.

Der Bereich 14 zwischen äußerem Spulenkörper und Innenwand des Gehäuses 1 ist dabei ebenso von der Harzmasse ausgespart wie der Bereich 16 zwischen der Innenseite des inneren Spulenkörpers 3 und dem weichmagnetischen Kern 4. Zusätzlich ist die Wandung des inneren Wickelkörpers 3 mit einer leitfähigen Beschichtung versehen und die Innen- oder Außenwandung des äußeren Wickelkörpers 2 mit einer leitfähigen und/oder elastischen Schicht ausgestattet.

Die erfindungsgemäße Ausbildung erlaubt eine einfache Herstellungsweise für eine kompakte rotationssymmetrische hochleistungsfähige Zündspule. Durch die Aussparung der Vergußmasse im Bereich 14 außerhalb des äußeren Spulenkörpers werden die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme im Zusammenhang mit Dehnungen im Inneren des Spulenkörpers vermieden, ohne daß ein zusätzlicher fertigungstechnischer Aufwand, wie z. B. durch die innenseitige Beschichtung des Gehäuses mit einem elastischen Medium, erforderlich ist.

Die in **Fig. 2** dargestellte Hochleistungsstabzündspule nach dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist zunächst die im Zusammenhang mit der **Fig. 1** erläuterten wesentlichen Merkmale ebenfalls auf.

In Ergänzung dazu ist bei der in **Fig. 2** dargestellten Zündspule vorgesehen, daß der zweite Ringraum 16, der zwischen dem weichmagnetischen Kern 4 und der Innenfläche des inneren Spulenkörpers 3 gebildet ist, von einem leitfähigen Medium ausgefüllt ist, welches durch ein zusätzliches Bauteil gebildet ist. Es handelt sich bei diesem Bauteil um ein aus leitfähigem Material bestehendes Röhrchen, welches über den weichmagnetischen Kern 4 geschoben wird. Es kann entweder aus leitfähigem Papier, aus leitfähiger

gem Kunststoff oder aus einem Metallröhrchen gebildet sein, welches entsprechend fertigungstechnisch eingebracht wird. Eine andere, nicht dargestellte fertigungstechnische Variante sieht vor, daß das leitfähige Medium aus einer leitfähigen Kunststoffhülle gebildet ist, die beim Umspritzen des Spulenkörpers 3 in diesen mit eingespritzt wird. Das beschriebene leitfähige Medium hat in allen Arten seiner Ausgestaltung den Vorteil, daß ein Scheuern oder Reiben des scharfkantigen Stabkernes 4 an der Innenwandung des Spulenkörpers 3 vermieden wird.

Der weichmagnetische Kern 4 ist elektrisch isoliert ausgeführt, so daß er sich auf "schwebendem Potential" befindet. Durch den Entfall der Anbindung auf Massepotential wird die Herstellung vereinfacht.

Eine weitere Besonderheit des Ausführungsbeispiels nach Fig. 2 besteht darin, daß der Anschluß 6a des die Verbindung zwischen Zündspule und Zündkerze bildenden Elastomeranschlusses 6 in besonderer Weise ausgestaltet ist:

Wie aus der Zeichnung nach Fig. 2 erkennbar ist, mündet der Elastomeranschluß 6 in seinem Abschnitt 6a direkt in den Bereich zwischen dem Gehäuse 1 und dem äußeren Spulenkörper 2, so daß beide Bauteile über das elastische Medium miteinander gekoppelt sind. Das Medium ist also mit dem Anschlußabschnitt 6a unter das Gehäuse 1 geschoben. Hierdurch wird das Gehäuse 1 zum einen zentriert, zum anderen aber auch abgedichtet und gegen Vibrationen gesichert. Darüber hinaus werden Sprühentladungen verhindert und es wird ermöglicht, daß sich das Blech des Gehäuses 1 in axialer Richtung in Richtung des Elastomermaterials ausdehnen kann, wodurch ebenfalls die Vibrationsneigung verringert wird.

Ferner ist vorgesehen, daß gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der weichmagnetische Kern 4 in seiner Bohrung über Gummipuffer 17 axial gesichert gelagert ist. Hierdurch werden sämtliche Relativbewegungen kompensiert, das bedeutet, daß auch mechanische Vorgänge wie Schwindung oder thermische Änderungen ebenso wie sämtliche Relativbewegungen der Bauelemente zueinander ausgeglichen werden können.

In einer weiteren Gestaltung erfolgt eine axiale Profilierung von Dauermagnet 5 und Stabkern 4. Hierzu sind die axial zum Kern angeordneten Dauermagnete 5 mit einer entsprechenden Profilierung versehen, derart, daß eine radiale Verschiebung gegenüber Kern 4 derselben ausgeschlossen werden kann.

Die Gummipuffer 17 sind axial beiderseits des weichmagnetischen Kerns 4 angeordnet. Der in der Zeichnung oben dargestellte Gummipuffer 17 weist eine zentrale Bohrung auf und darüber hinaus sich radial erstreckende Lamellen, die entgegen der Einbaurichtung des Gummipuffers 17 in die Bohrung des Kerns 4 geneigt sind.

Schließlich weist die in Zusammenhang mit Fig. 2 beschriebene Ausführungsform noch das Merkmal auf, daß ein Zwischenstecker 18 zwischen Spule und Zündkerze vorgesehen ist, welcher einen zylindrischen Abschnitt aufweist. Dieser zylindrische Abschnitt kann für unterschiedliche Zündspulen und Zündkerzeneinheiten unterschiedliche Längen haben, so daß man auf diese Art und Weise die Einheit aus Zündspule und Zündkerze an unterschiedliche Bautiefen anpassen kann. Die Verbindung des Zwischensteckers im Bereich des Hochspannungsanschlusses 7 der Stabzündspule erfolgt dabei über eine unlösbare Verbindung in Form eines Rastmittels, welches durch eine Formfeder gebildet ist. Dieses Element wird von unten auf einem am Spulensystem angeordneten Kontakt unlösbar aufgerastet. Hierdurch ergibt sich eine hohe Stabilität und Vibrationsfestigkeit.

Darüber hinaus ist ein elastisches Zwischenstück 19 vorgesehen, welches in der Verbindung zur Zündkerze angeord-

net ist.

Ferner trägt das Gehäuse 1 einen Abdichtungsgummi 20 zur Abdichtung gegenüber dem Zylinderkopfblock. Um einen einwandfreien Massekontakt zu gewähren, sind im Abdichtungsgummi 20 Metallkrampen 21 vorgesehen, die beim Befestigen der Zündspuleneinheit im Zylinderkopfblock dessen Beschichtung durchdringen.

Bezugszeichenliste

- 1 Gehäuse
- 2 äußerer Spulenkörper
- 3 innerer Spulenkörper
- 4 weichmagnetischer Kern
- 5 Permanentmagnet
- 6 Verbindungsabschnitt
- 6a Anschlußabschnitt
- 7 Hochspannungsanschluß
- 8 Entstörwiderstand
- 9 Leistungstransistor
- 10 Leiterplatte
- 11 Kühlkörper
- 12 Primärstecker
- 13 Entstörkondensator
- 14 zweiter Ringraum
- 15 Gehäuse für Steuerelektronik
- 16 erster Ringraum
- 17 Gummipuffer
- 18 Zwischenstecker
- 19 elastisches Zwischenstück
- 20 Abdichtungsgummi
- 21 Metallkrampen

Patentansprüche

1. Stabzündspule zur Versorgung eines Zündmittels, insbesondere einer Zündkerze einer Brennkraftmaschine, mit Hochspannung, bestehend aus einem zylindrischen Gehäuse (1), innerhalb welchem jeweils konzentrisch zur Gehäuselängsachse ein äußerer Spulenkörper (2) mit einer ersten Wicklung, insbesondere der mit der Versorgungsspannung verbundenen Primärwicklung, ein innerer Spulenkörper (3) mit einer zweiten Wicklung, insbesondere der mit dem Zündmittel verbundenen Sekundärwicklung, und zentral dazu ein weichmagnetischer Kern (4) angeordnet sind, wobei das Gehäuse (1) einen Teil eines magnetischen Rückschlusses für einen den weichmagnetischen Kern (4) enthaltenden magnetischen Kreis bildet, wobei der Innenraum des Gehäuses (1) zum Teil mit einer elektrisch isolierenden Vergußmasse ausgefüllt ist und wobei zwischen dem Kern (4) und dem inneren Spulenkörper (3) ein erster Ringraum (16) und zwischen dem äußeren Spulenkörper (2) und dem Gehäuse (1) ein weiterer Ringraum (14) gebildet ist, wobei der weitere Ringraum (14) nicht mit Vergußmasse ausgefüllt ist.
2. Stabzündspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide Ringräume (14, 16) nicht mit Vergußmasse ausgefüllt sind.
3. Stabzündspule nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenfläche des inneren Spulenkörpers (3) mindestens teilweise leitfähig beschichtet ist.
4. Stabzündspule nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenwandung und/oder die Außenwandung des äußeren Spulenkörpers (2) jeweils mindestens teilweise leitfähig beschichtet ist/sind.
5. Stabzündspule nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine

der Wicklungen eine Backlack-Beschichtung trägt.

6. Stabzündspule nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die der Primärwicklung zugeordnete Steuerelektronik in einer seitlich am Gehäuse (1) angeordneten Gehäuseeinheit (15) untergebracht ist.

7. Stabzündspule nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Steuerelektronik vorgesehene Leistungshalbleiterbauelemente (9) wärmeleitend mit der Außenfläche des Gehäuses (1) verbunden sind.

8. Stabzündspule nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerelektronik auf einer Platine (10) angeordnet ist.

9. Stabzündspule nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein die Stabzündspule und die Zündkerze hochspannungsfest überdeckender Verbindungsabschnitt (6) aus flexiblem, insbesondere elastomerem Material vorgesehen ist, welcher zündspulenseitig einen Anschlußabschnitt (6a) aufweist, im Bereich dessen das Gehäuse (1) und mindestens einer der beiden Spulenkörper (2, 3) elastisch miteinander gekoppelt sind.

10. Stabzündspule nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Elastomermaterial des Verbindungsabschnittes (6) um einen der beiden Spulenkörper herum in dem Bereich zwischen Gehäuse (1) und Außenfläche des äußeren Spulenkörpers (2) gespritzt oder montiert ist.

11. Stabzündspule nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähige Beschichtung der Innenfläche des inneren Spulenkörpers (3) durch ein zwischen Kern (4) und Spulenkörper (3) angeordnetes leitfähiges Medium gebildet ist.

12. Stabzündspule nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium eine insbesondere durch einen Spritzvorgang gebildete, leitfähige Kunststoffhülse ist, die zwischen Kern (4) und Spulenkörper (3) montiert ist.

13. Stabzündspule nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das leitfähige Medium ein um den Kern (4) herum eingelegtes leitfähiges Papier ist.

14. Stabzündspule nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das leitfähige Medium ein um den Kern (4) angeordnetes metallisches Röhrchen ist.

15. Stabzündspule nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur axialen Fixierung des weichmagnetischen Kernes (4) mindestens ein gummielastisches Pufferelement (17) vorgesehen ist, welches in der Kernbohrung angeordnet ist.

16. Stabzündspule nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß beiderseits des weichmagnetischen Kernes (4) jeweils ein gummielastisches Pufferelement (17) vorgesehen ist.

17. Stabzündspule nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der gummielastischen Pufferelemente (17) eine axiale Bohrung aufweist.

18. Stabzündspule nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der gummielastischen Pufferelemente (17) der Einbaurichtung entgegengerichtete Lamellen aufweist.

19. Stabzündspule nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungsstecker zwischen Zündspule und Zündkerze einen zylindrischen Zwischenabschnitt aufweist.

20. Stabzündspule nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungsstecker auf den Hochspannungsanschluß (17) der Zündspule aufrastbar

gestaltet ist.

21. Stabzündspule nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Rastverbindung unlösbar ist.

22. Stabzündspule nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die unlösbare Rastverbindung mittels einer Formfeder gestaltet ist.

23. Stabzündspule nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungsstecker zwischen dem Hochspannungsanschluß (17) und dem Anschlußbereich zur Zündkerze ein elastisches Zwischenstück (19) enthält.

24. Stabzündspule nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der weichmagnetische Kern (4) elektrisch isoliert ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

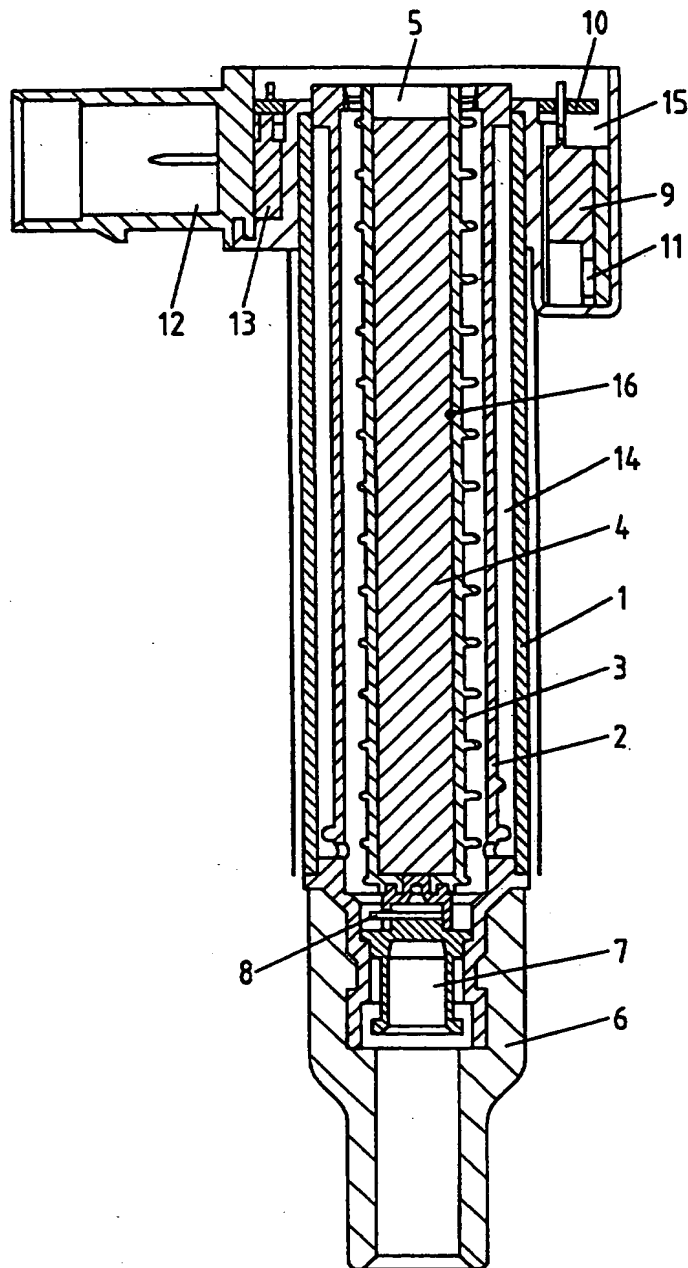


Fig. 1

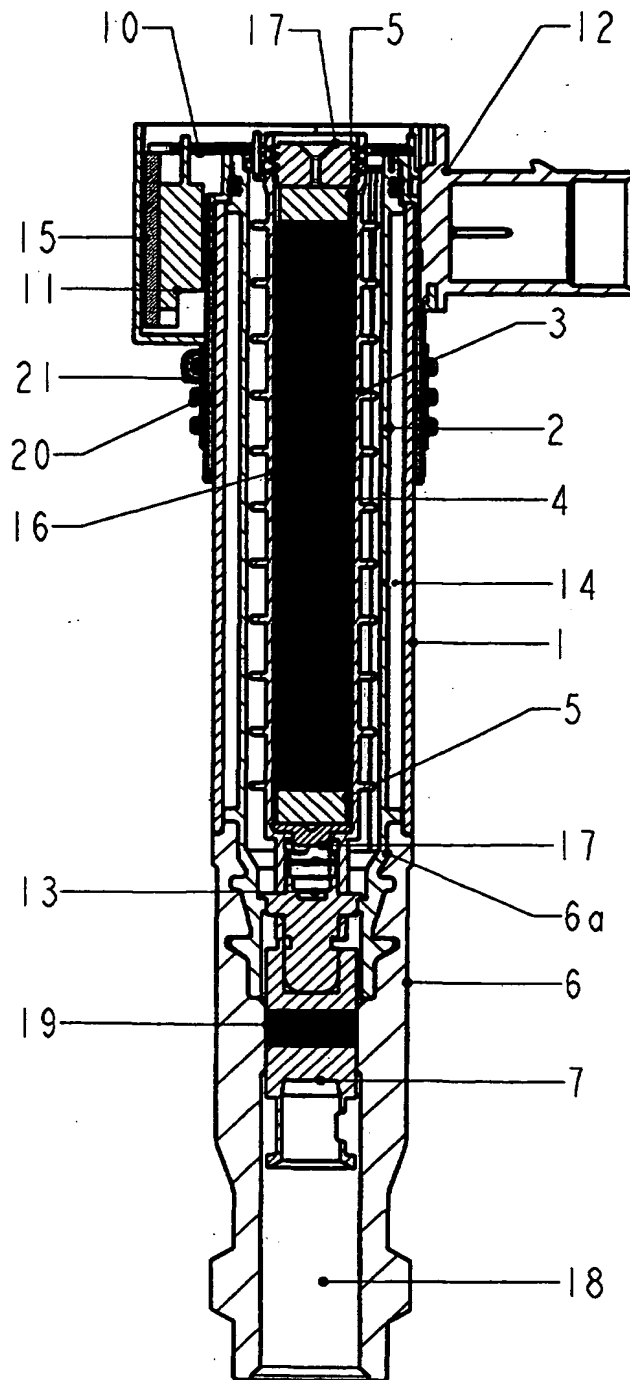


Fig. 2

April 1, 1969

A. I. KETO ET AL

3,436,704

ELECTRICAL TRANSFORMER CONSTRUCTION

Filed Oct. 12, 1966

Sheet 1 of 2

FIG. 3

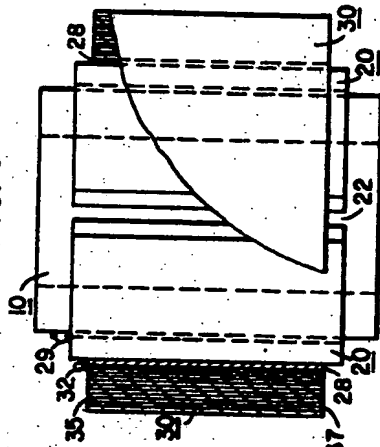


FIG. 2

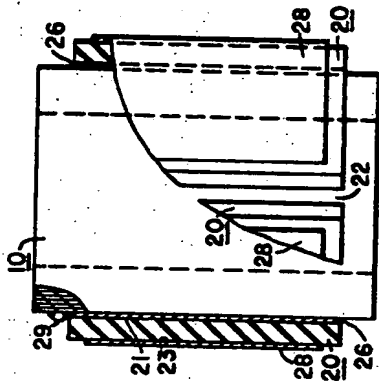
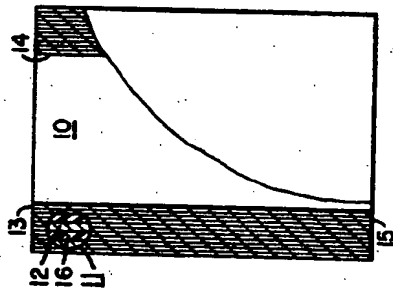


FIG. 1



WITNESSES

Wm. B. Sellers.
James F. Young

FIG. 5

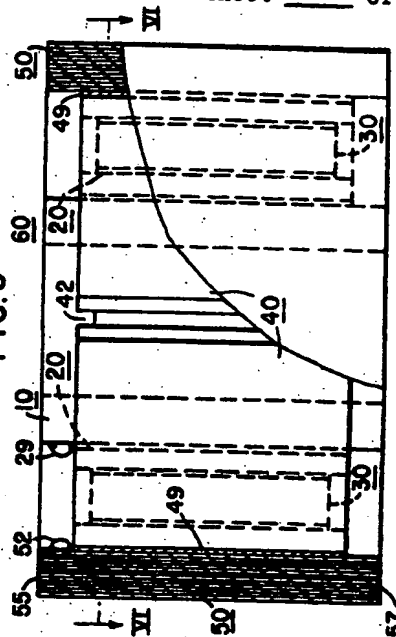
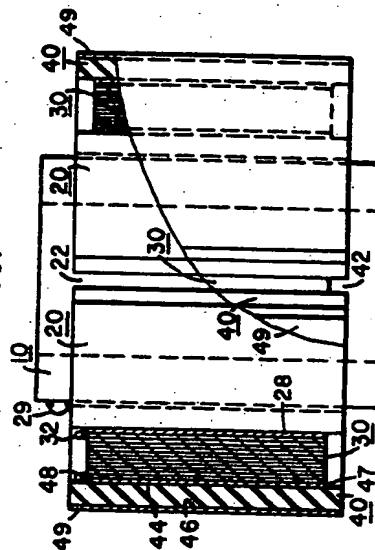


FIG. 4



INVENTORS
August I. Keto and
Anthony J. Palumbo

BY *Conrad P. Lackey*
ATTORNEY

April 1, 1969

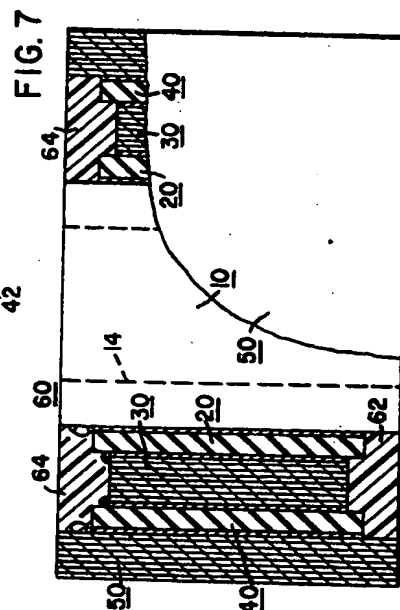
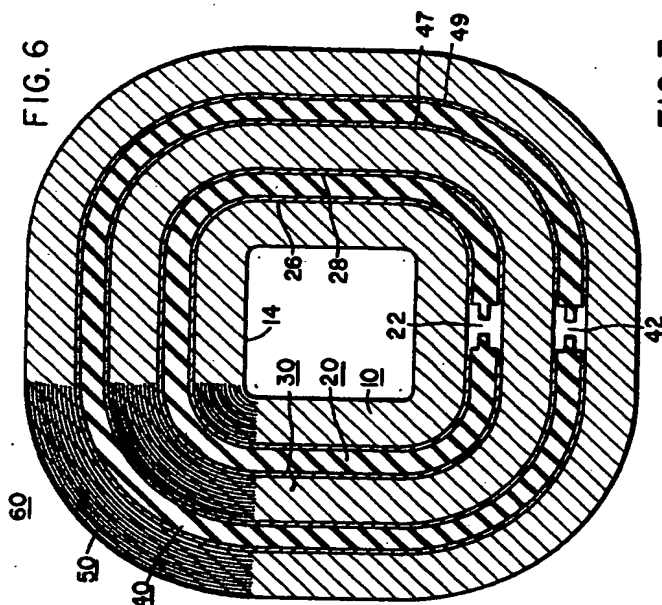
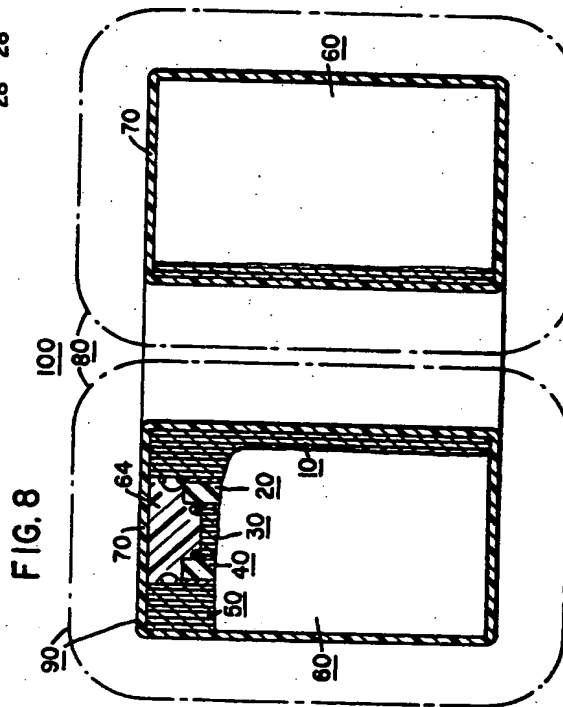
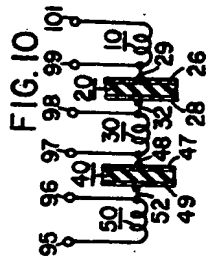
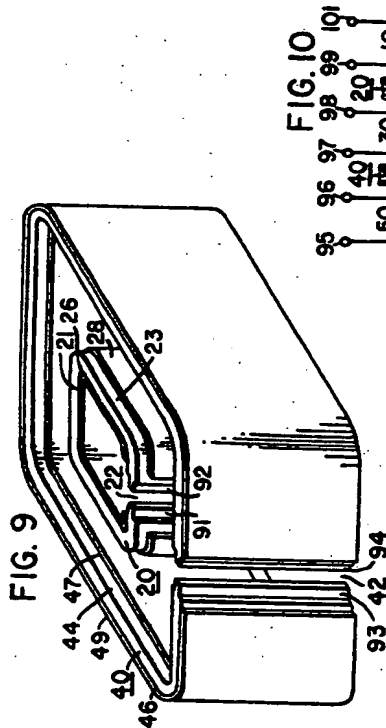
A. I. KETO ET AL

3,436,704

ELECTRICAL TRANSFORMER CONSTRUCTION

Filed Oct. 12, 1966

Sheet 2 of 2



United States Patent Office

3,436,704

Patented Apr. 1, 1969

1

3,436,704

ELECTRICAL TRANSFORMER CONSTRUCTION
August I. Keto, Sharpsville, and Anthony J. Palumbo,
Sharon, Pa., assignors to Westinghouse Electric Corporation,
Pittsburgh, Pa., a corporation of Pennsylvania
Filed Oct. 12, 1966, Ser. No. 586,116

Int. Cl. H01f 15/14, 27/02

U.S. Cl. 336—70

8 Claims

2

This invention relates in general to the construction of electrical transformers, and more specifically to new and improved transformer apparatus of the type which utilizes at least one partially cast coil, and to new and improved methods of constructing the same.

The availability of improved coated metallic foil or strip conductor, and improved casting resins, has made the encapsulation of electrical windings attractive for electrical transformers. Since foil wound windings have a single conductor turn per layer, the voltage stress between adjacent turns is very low, permitting the use of thin coatings of electrical insulation, on at least one side of the foil, to insulate the turn-to-turn voltage stress. Layer insulation, which is inserted between the radial layers of turns on wire wound coils, is completely eliminated. Foil wound windings also have a distinct advantage over wire wound windings from the standpoint of potting or encapsulating the winding. Since the voltage between layers of wire wound coils may be very high, the encapsulating material must impregnate the winding and supplant all of the air in the voids between the layers. The viscous nature of encapsulating materials makes it extremely difficult to completely impregnate wire wound windings, with the air in the voids ionizing under high layer-to-layer voltage stresses, producing corona which degrades the surrounding insulation and generates radio interference. The low layer-to-layer stresses in foil wound windings makes it unnecessary to impregnate the windings, as any air trapped between turns will not be subjected to stresses high enough to cause ionization.

Encapsulating foil wound windings in casting resin, however, is not without its problems. Care must be taken in the design of the electrical apparatus to provide liberal clearances, and to avoid thin section casting with its inherent air entrapment problems. Also, the structure of the apparatus, and methods of providing the structure, have all been very costly, with high tooling costs accompanying high manufacturing costs, or the resulting structures are not sound electrically, or a combination of these disadvantages. For example, one method proposed for the manufacture of electrical transformers is a step-by-step casting procedure, wherein the inner low voltage coil is wound and cast, degreased and shot blasted, the high voltage coil is wound over the cast inner low voltage coil, and this assembly is cast, and the outer low voltage coil is wound about the cast high voltage coil. The outer low voltage coil is not cast. This method requires expensive, special shape molds for each casting step, and for each transformer rating, resulting in low production unless a large number of expensive molds are provided. Also, extreme care must be taken to prevent any voids in the high-low insulation, which is the cast material disposed between the low voltage coils and the high voltage coils. Any voids in this area will cause corona and eventual failure of the transformer. Also, with this method, the outer low voltage coil is mechanically protected only by the thin coating of insulation on the foil, with the very real possibility of damage to the outer low voltage coil requiring extreme care in the handling, storage, assembly with the magnetic core, and tanking, which increases manufacturing costs and rejects.

Another method proposed eliminates the step-by-step casting procedure by disposing spacers between the wind-

ings and then encapsulating. Test results, however, have shown excessive corona and inability to withstand test voltages. Manufacturing tolerances on the coils cause voids between the spacers and the coils which are not filled with the potting resin. These voids produce the corona. This type of winding is also slow and costly to manufacture, due to the extreme care required in spacing the coils, and the encapsulating step required to produce a structure which is corona free.

Therefore, it would be desirable to provide new and improved transformer apparatus, and methods of assembly, which eliminate the necessity of having a large number of special shape molds in order to obtain high production, which provides void-free high-low insulation between the low and high voltage coils, which relaxes the dimensional tolerances on the windings without producing voids in which corona may form, which strengthens the winding structure without using an excessive amount of casting material, and which protects the outside low voltage winding against mechanical damage.

Accordingly, it is an object of the invention to provide a new and improved transformer structure which utilizes at least one partially cast coil or winding.

Another object of the invention is to provide a new and improved transformer structure which utilizes cast resin to encapsulate at least a portion of one of its windings, and to strengthen the structure against short circuit stresses, without encapsulating the whole winding structure.

A further object of the invention is to provide a new and improved transformer structure which utilizes new and improved solid insulating means between the high and low voltage windings, with the thickness of the insulating means providing the necessary high-low insulation without regard to and without detriment from any air spaces between the solid insulating means and adjacent winding structures.

Another object of the invention is to provide a new and improved method for constructing electrical transformers in which one of its coils is at least partially encapsulated with cast solid insulating means.

Still another object of the invention is to provide a new and improved method for constructing transformers in which at least a portion of the insulation on at least one of its coils is provided by cast solid insulation, and which does not require the use of specially shaped molds.

Briefly, the above cited objects are accomplished by providing pre-formed high-low insulation members. Electrically conductive coatings on opposite sides of the high-low insulating members are electrically connected to the immediately adjacent winding, providing a substantially zero potential gradient between the windings and the insulating member. The ends of the high voltage winding are cast in solid insulation which completes the insulation for the high voltage winding and strengthens the structure against short circuit stresses. Circumferentially spaced apart ends of the high-low insulating structures provide ducts through the winding structure which allow cast solid insulating means to be introduced at one end of the structure, and use the ducts to flow to the opposite end, thus encapsulating both ends of the high voltage winding in one casting operation. The ducts are also filled with the cast solid material, which precludes the generation of corona therein.

The method of manufacture, in one of the embodiments of the invention, eliminates costly specially shaped molds for casting the ends of the high voltage windings in solid insulation. In this embodiment of the invention the ends of the low voltage windings project past the high voltage winding at both ends of the structure, which automatically provide cavities or molds for the cast solid insulation, except for means for sealing the bottom portion of the

3

assembly until the resinous material is at least pre-cured.

Further objects and advantages of the invention will become apparent from the following detailed description, taken in connection with the accompanying drawings, in which:

FIGURE 1 is an elevational view, partially in section, of the inner low voltage winding, whose construction is the first step in the method taught by the invention,

FIG. 2 is an elevational view, partially in section, which illustrates the placement of the first pre-formed high-low insulating structure relative to the low voltage winding assembly shown in FIG. 1,

FIG. 3 is an elevational view, partially in section, which illustrates the position of the high voltage winding assembly relative to the assembly shown in FIG. 2,

FIG. 4 is an elevational view, partially in section, which illustrates the placement of the second pre-formed high-low insulating structure relative to the assembly shown in FIG. 3,

FIG. 5 is an elevational view, partially in section, which illustrates the disposition of the outer low voltage winding relative to the assembly shown in FIG. 4,

FIG. 6 is a cross-sectional view of the assembly shown in FIG. 5, taken along the line VI—VI,

FIG. 7 is an elevational view, partially in section, which illustrates the assembly shown in FIG. 5 after casting,

FIG. 8 is an elevational view, partially in section, which illustrates the assembly shown in FIG. 7 with an outer protective coating of electrical insulating material,

FIG. 9 is a pictorial view which illustrates more clearly the two pre-formed high-low insulating structures and their relationship relative to one another, and

FIG. 10 is a schematic diagram which illustrates the electrical connections from the high and low voltage windings to the electrically conductive coatings on the pre-formed high-low insulating structures.

Referring now to the drawings, and FIG. 1 in particular, there is shown an elevational view, partially in section, of a coil or winding 10 which may be used as the inner low voltage winding of a transformer constructed according to the teachings of the invention. Winding 10 is formed of an electrically conductive metallic strip, sheet or foil conductor having a predetermined width dimension, such as copper or aluminum, and having a predetermined number of conductor turns 12, shown in the magnified insert 11, which are continuously wound upon a mandrel, or insulating tube and mandrel, to provide a predetermined inner opening 14 sized to receive the leg portion of magnetic core means (not shown). The edges of the strip material form first and second coaxially disposed end surfaces 13 and 15, on the substantially tubular winding structure 10. As is the characteristic of foil wound coils, each layer of the coil includes but one turn, with the turns being separated from one another by insulating means 16, shown in the magnified insert 11. Insulating means 16, shown in the magnified insert 11, being enamel, disposed on one or both of its major sides, such as an epoxy base enamel, or it may be a thin film of electrical insulation, such as Mylar, which is wound with the foil conductor to interleave the conductor turns 12. Electrical insulating means 16 may be extremely thin, which contributes to a high space factor for foil wound coils, as the layer-to-layer voltages and the turn-to-turn voltages are one and the same, and are very low relative to the high layer-to-layer voltage stresses found in wire wound coils.

After the step of winding the inner low voltage coil 10, a pre-formed insulating structure 20, having inner and outer major surfaces 21 and 23, respectively, is disposed about the inner low voltage winding 10, as shown in FIG. 2. Insulating structure 20 forms the first high-low insulating means, and may be formed in any suitable manner. For example, preformed insulating structure 20 may be formed of a butyl rubber, or a resin, such as an epoxy, and it may be flexible or a cast solid.

4

If flexible, it is simply wrapped about the inner low voltage coil 10. If a cast solid, it is telescoped over the inner low voltage winding or coil 10. The pre-formed solid insulating structure 20 has many advantages. For example, when forming the high-low insulation by casting in place between the high and low voltage windings, there are many factors which cannot be accurately controlled which contribute to non-uniformity in the cast structure from unit to unit, with air voids being formed in some or all of the units which lowers the corona inception voltage. By using pre-formed high-low insulation, its manufacture may be carefully and closely controlled to provide a void-free structure specifically formulated for the particular high-low voltage stress to be encountered, without compromising its electrical characteristics in order to obtain other characteristics necessary when casting the high-low insulation between the high and low voltage windings.

The pre-formed high-low insulation structure 20 also has many other advantages, both from cost and functional viewpoints.

If pre-formed insulation structure 20 is flexible, its length is predetermined to provide a gap or opening 22 between its ends when wound about low voltage winding 10. Or, if insulating structure 20 is cast, the wall section is not continuous, with the insulating structure 20 having first and second circumferentially spaced ends which provide a gap 22. The ends may be tongued or ribbed, as shown more clearly in FIGS. 6 and 9, for purposes which will be hereinafter explained.

Insulating structure 20 also has electrically conductive coatings 26 and 28 disposed on the inner and outer major surfaces 21 and 23, respectively. Coatings 21 and 23 are electrically isolated from one another, and may be disposed such that they remain a predetermined distance from the edges of the structure, to increase the creep distance between the coatings. Thus, the first function of the gap or opening 22 in the wall section of insulating structure 20 is to prevent the electrically conductive coatings 26 and 28 from forming a short circuit about the low voltage winding 10 and winding leg portion of the magnetic core. The second function of the opening 22, which will be fully described hereinafter, is to provide a duct for liquid casting resin in the casting step of the assembly of the apparatus.

The electrically conductive coatings 26 and 28 may be in the form of excellent electrical conductors, such as copper or aluminum, or they may be semiconductive, i.e., having a voltage dependent resistivity, such as coatings containing particulated silicon carbide, or they may be partially conductive, such as coatings containing particulated carbon.

The inner electrically conductive coating 26 is electrically connected to the outer conductive turn of low voltage coil 10 by electrical connection 29. Therefore, the electrically conductive coating 26 is at substantially the same potential as the outer conductor turn of winding 10. Thus, it is not essential that the insulating structure 20 and coating 26 be disposed tightly against winding structure 10. Any air or void between coating 26 and winding 20 will be at substantially zero electrical stress or potential gradient. The high-low insulating structure 20 may thus be cast and the winding structure 10 wound to relaxed tolerances, which lowers manufacturing costs, as any space between the insulating structure and winding will not be subjected to a corona inducing stress. As will hereinafter be explained, all of the high-low stress will be applied to the high-low insulating structure 20. Coating 26 also provides a smooth, rounded, equipotential surface which prevents the concentration of voltage gradients about the edges of the winding and other sharp surfaces.

The next step in the method of forming a transformer according to the teachings of the invention is shown in FIG. 3. FIG. 3 illustrates the placement of the high voltage winding structure 30 relative to low voltage winding 10 and the high-low insulating structure 20. High voltage

5

winding structure 30 has a predetermined number of conductor turns and has a predetermined longitudinal dimension in the direction of the width of the electrically conductive strip, which in this embodiment of the invention is preferably less than the width dimension of the strip of which the low voltage winding 10 is wound.

High voltage winding 30 may be formed by continuously winding an electrically conductive strip or foil upon the high-low insulating structure 20, until providing the required number of conductor turns. High voltage winding 30 may be formed of electrically conductive strip and the turns insulated, similar to the low voltage winding 10, hereinbefore described, with the edges of the strip forming first and second coaxially disposed spaced end surfaces 35 and 37.

High voltage winding 30 has its inner conductor turn electrically connected to the outer electrically conductive coating 28 via conductor 32, which reduces the electrical stress between the inner turn of winding 30 and coating 28 to substantially zero, and applies the total electrical stress between windings 20 and 30 to the insulating structure 20.

In some instances, high voltage winding 30 may be formed of two or more axially spaced, electrically connected sections, with each section being formed of electrically conductive strip. In this event, coating 28 will also be formed to have the same number of axially spaced sections as the high voltage winding, with the coatings being isolated electrically from one another, and which are electrically connected to the outer turn of its adjacent high voltage section. In this event, the axially spaced high voltage winding section, in this embodiment of the invention, would still have a combined width which is less than the width of the low voltage winding 10.

The next step in the transformer assembly is shown in FIG. 4, and comprises the placement of a second high-low insulating structure 40 about high voltage winding 30. Insulating structure 40 is similar in construction to the high-low insulating structure 20, hereinbefore described, except for having an inner opening sized to encompass the outer dimension of high voltage winding 30 or, if flexible, a length capable of encircling high voltage winding 30, except for a gap or opening 42 similar to the gap 22 provided in insulating structure 20. Insulating structure 40 has inner and outer major surfaces 44 and 46, respectively, and similar to insulating structure 20, has an electrically conductive coating 47 disposed on its inner surface 44, and an electrically conductive coating 49 disposed on its outer surface 46. Electrically conductive coatings 47 and 49 may be formed as hereinbefore described relative to coatings 26 and 28. Insulating structure 40 may be wrapped about high voltage winding 30, if flexible, or telescoped thereover, if it is a cast solid. The inner electrically conductive coating 49 is electrically connected to the outer turn of high voltage winding 30, via electrical conductor 48, which reduces to substantially zero the potential gradient between coating 47 and winding 30, applying the electrical stress to the high-low insulating structure 40, and providing a smooth, equipotential surface which aids in reducing concentrations of electrical stress.

The next step in the assembly and construction of a transformer according to the teachings of the invention is shown in FIG. 5. This step involves the coaxial placement of the outer low voltage winding or coil 50 relative to the assembly shown in FIG. 4, which thus forms the complete winding assembly 60. The outer low voltage winding 50 may be continuously wound about the high-low insulating structure 40, and is formed of conductive strip or foil, similar to the inner low voltage winding 10, having a predetermined width and a predetermined number of continuous conductor turns separated by suitable insulating means. The outer low voltage winding 50, like the inner low voltage winding 10, preferably extends past the high voltage winding 30 at both ends thereof, for a

6

predetermined distance. The edges of the conductive strip form first and second coaxially disposed, spaced end surfaces 55 and 57.

In order to form an area of substantially zero potential gradient between the outer low voltage winding 50 and insulating structure 40, and confine the electrical stress between windings 50 and 30 to insulating structure 40, which is specially prepared for this function, the inner turn of outer low voltage winding 50 is electrically connected to the outer conductive coating 47 on insulating structure 40 via electrical conductor 52.

Winding structure 60 is now physically ready for the casting operation. However, since foil or strip wound coils undergo considerable growth during the casting and curing cycles, it is preferable to include means for consolidating the windings and stabilizing their dimensions before casting. This consolidating and stabilizing step may be accomplished by including a thin coating of a suitable adhesive disposed on at least one of the major surfaces of the conductive foil of which the windings 10, 30 and 50 are wound. This consolidation and stabilizing of foil wound coils is described in detail in co-pending application Serial No. 506,350, filed Nov. 4, 1965, now abandoned, which is assigned to the same assignee as the present application. If the coils include such consolidating means, such as an epoxy adhesive, the next step in the method of constructing the transformer would be to heat the winding assembly 60 to flow, set, and cure the adhesive.

FIG. 6 is a cross-sectional view of the winding assembly 60 shown in FIG. 5, taken along the line VI—VI, which more clearly illustrates the ducts formed in winding structures 60 by openings 22 and 44 provided by the circumferentially spaced ends of insulating structures 20 and 40, respectively. These ducts or openings 22 and 42 are used to provide cast solid insulation at both ends of the winding structure 60 with a single step casting operation. In other words, by orienting winding structure 60 as shown in FIG. 5, the liquid casting resin may be introduced at the top of the structure, in the natural depression or cavity formed by the portions of the low voltage windings 10 and 50 which extend past the high voltage winding 30, and this casting resin will flow downwardly through openings 22 and 42 to fill the cavities formed at the bottom of the winding structure 60 by the portions of low voltage windings 10 and 50 which extend past high voltage winding 30. Thus, in the casting step, costly, specially shaped molds are not required, as in this embodiment of the invention the construction of winding assembly 60 automatically forms the major portion of the mold for containing cast resinous insulation, which will insulate the ends of the high voltage winding 30 from ground and from the inner and outer low voltage windings 10 and 50. It is only necessary to place the winding structure in a very simple mold which will seal the bottom of winding assembly 60 during the casting step. If the windings are not formed to automatically provide cavities for containing the cast solid insulation to insulate the ends of high voltage winding 30, winding assembly 60 may be placed in a mold which will provide sufficient space at each end of the winding assembly for the cast solid insulation.

After placing winding structure 60 into a suitable mold, the liquid cast resinous material is introduced into the top of the mold, the cast resinous insulation is directed to the bottom of the mold through openings or ducts 22 and 42, to fill the space about the lower end of high voltage winding 30. In order to provide ample duct space without an excessive gap between the spaced ends of the insulating structures, the ends may be "tongued," as illustrated in FIG. 6. In other words, the wall thickness of insulating members 20 and 40 may be reduced for a predetermined distance adjacent their ends, to increase the cross-sectional area of the ducts and facilitate resin flow through the ducts. After filling the bottom space in

the mold, openings 22 and 42 fill with the cast resin, and then the space about the upper end of high voltage winding 30 is filled with the cast resin. Winding assembly 60, after the cast resin is introduced, is shown in the elevational view, partially in section, of FIG. 7. FIG. 7 illustrates how the cast resin completes the insulating requirements of the high voltage windings 30 at the bottom of the structure 60 by cast solid insulating means 62, and at the top of structure 60 by cast solid insulating means 64. The cast solid insulation means 62 and 64 adheres to the pre-formed insulating structures 20 and 40, to high voltage coil structure 30, and to the ends of low voltage windings 10 and 50, to form a sealed, solid insulating system in which the solid insulation is stressed in puncture, and not in creep.

After the cast insulating means is introduced into the winding structure 60, the cast resin is cured by a suitable heating cycle. For example, a suitable heating cycle using an epoxy resin system, would be 2-4 hours at a predetermined temperature to set the resin system, after which the mold may be removed and reused, and 8 hours at a predetermined temperature to cure the resin system.

Many resin systems may be used for forming the cast solid insulating means 62 and 64, which should preferably be thermosetting, although thermoplastic resin systems may also be used if their softening temperature is above the operating temperature range of the completed transformer.

In general, the resin system should be rigid, have a low coefficient of thermal expansion tailored to closely match that of the conductive foil of which the high voltage winding 30 is formed, have excellent crack resistant characteristics, and a high thermal conductivity. An epoxy system found to be excellent is described in detail in co-pending application Serial No. 456,038, filed May 6, 1965, which is assigned to the same assignee as the present application.

Winding assembly 60 is now complete, except for mechanically protecting the exposed surfaces of low voltage windings 10 and 50 during the various steps in the assembly and handling of the transformer. This mechanical protection is provided, as shown in FIG. 8, by applying a thin coating of electrical insulation 70 about the whole winding assembly 60. Coating 70 may be applied by spraying, fluidized bed coating, or in any other suitable manner, and may be any suitable electrical insulating material, such as an epoxy system, or system containing butadiene-styrene, or silicone rubber.

Winding assembly 60 is thus completed, and as shown in FIG. 8, may be assembled with a suitable magnetic core assembly 80, which is shown in dotted outline, to form a core-winding assembly 90 which may be disposed in a suitable tank filled to a predetermined level with a fluid insulating and cooling dielectric (not shown), such as oil.

Thus, a transformer 100 is formed, which utilizes cast insulation in a way which derives all of its benefits, without its accompanying drawbacks. This beneficial arrangement is obtained by using two pre-formed insulating structures 20 and 40, shown pictorially in FIG. 9 to more clearly illustrate their adjacent, spaced, concentric placement, and openings 22 and 42 which interrupt the conductive coatings 26, 28, 47 and 49, preventing a short circuit about the windings and core, and which also serves to enable the casting operation to be formed in one step. FIG. 9 also illustrates the construction of insulating structures 20 and 40 more clearly, illustrating the inner and outer major sides 21 and 23, respectively, of insulating structure 20 and how the structure forms the opening or gap 22 by first and second circumferentially spaced ends 91 and 92, respectively, which are disposed in spaced relation. This view also clearly illustrates the inner and outer major surfaces 44 and 46, respectively, of insulating structure 40 and how opening 42 is formed by first and second circumferentially spaced ends 93 and 94. The

pre-formed insulating structures 20 and 40 may be specially prepared to withstand the specific high voltage stresses encountered in a specific application, and it may be prepared without the deleterious voids which may occur when casting thin high-low insulation sections in place. Thus, thin section casting, with its inherent thin section air entrapment problems, is completely eliminated, the pre-formed insulating structure will perform the required function better, and the thickness of the insulating structures 20 and 40 may be selected for the particular electrical stresses of the specific transformer, without resorting to costly tooling and mold changes. Thus, change-over from one type of transformer rating to another may be quickly and efficiently made.

The use of pre-formed insulating structures, along with their conductive coatings, enables all of the electrical stress between the windings to be applied to the insulating structures 20 and 40, and makes it unnecessary to impregnate any space between the pre-formed insulating structures and the adjacent windings. Since the turns of each of the foil windings adjacent to a conductive coating is electrically connected thereto, which is schematically illustrated in FIG. 10, any space between the windings and electrically conductive coatings has substantially zero potential gradient, which precludes the formation of corona. FIG. 10 also illustrates terminals 99 and 101 on low voltage winding 10, terminals 97 and 98 on high voltage winding 30, and terminals 95 and 96 on low voltage winding 50, which have been omitted on the other views of these windings for purposes of simplicity.

The smooth curved electrically conductive coatings form equipotential surfaces which prevent concentrations of electrical stress and shield the sharp edges of high voltage winding 30.

Further, the disclosed construction lends itself to low cost progressive winding of the transformer, whereby each transformer winding is wound about the prior assembled section, and the pre-formed insulating structures, with the discontinuous wall sections, allow the casting to be performed in one step. The disclosed construction requires a minimum in the way of special tooling and molds, enabling quick changes to be made in the dimensions and ratings of transformers with minimum cost and change-over time.

Since numerous changes may be made in the above-described apparatus and different embodiments of the invention may be made without departing from the spirit thereof, it is intended that all matter contained in the foregoing description or shown in the accompanying drawings, shall be interpreted as illustrative and not in a limiting sense.

We claim as our invention:

1. Electrical inductive apparatus comprising:

first, second and third winding structures disposed in spaced, adjacent, concentric relation, respectively; said first, second and third winding structures each having a predetermined number of conductor turns formed of electrically conductive strip material having predetermined width dimensions;

said first, second, and third winding structures each having first and second coaxially disposed end surfaces formed by the edges of said electrically conductive strip material;

first and second solid insulating means disposed between said first and second winding structures, and between said space second and third winding structures, respectively; said first and second solid insulating means having first and second coaxially disposed end portions, first and second circumferentially spaced end portions, which form ducts extending between said first and second coaxially spaced end portions, and inner and outer major surfaces which have an electrically conductive means disposed thereon;

means electrically connecting the electrically conductive means on said inner and outer major surfaces to the

winding structure immediately adjacent thereto; and cast solid insulating means disposed about the first and second end surfaces of at least said second winding structure, and in the ducts formed by the circumferentially spaced end portions of said first and second solid insulating means.

2. The electrical inductive apparatus of claim 1, including means for mechanically protecting the exposed surfaces of said first and third winding structures, said means being in the form of a coating of solid electrical insulation.

3. The electrical inductive apparatus of claim 1, wherein the width dimensions of the electrically conductive strip of which said first and third winding structures are formed, exceed the width dimension of the electrically conductive strip material of which said second winding structure is formed, providing a winding assembly having a cavity at each end thereof defined by the first and second edge surfaces of said second winding structure and the portions of said first and third winding structures which extend past the first and second edge surfaces of said second winding structures, said cavities containing said cast solid insulating means.

4. The electrical inductive apparatus of claim 3, including electrical insulating coating means disposed over the outer surfaces of the winding assembly formed by said first, second and third winding structures.

5. A method of constructing an electrical winding assembly, comprising the step of: winding a strip of electrically conductive material having a predetermined width dimension, to form a first low voltage winding; providing a first pre-formed solid insulation structure having first and second major surfaces, each having an electrically conductive coating thereon, and first and second end portions; disposing said first pre-formed solid insulating structure around said first low-voltage winding, with its first and second end portions being circumferentially spaced apart; electrically connecting the electrically conductive coating disposed adjacent to said first low voltage winding, to said first low voltage winding; winding a strip of electrically conductive material having a predetermined width dimension on said first pre-formed solid insulating structure to form a high voltage winding having first and second coaxially spaced end surfaces, and also complete a first duct between the first and second circumferentially spaced ends of said first pre-formed solid insulating structure; electrically connecting the remaining electrically conductive coating on said first pre-formed solid insulating structure to said high voltage winding; providing a second pre-formed solid insulating structure having first and second major surfaces, each having an electrically conductive coating thereon, and first and second end portions; disposing said second pre-formed solid insulation structure around said high voltage winding, with its first and second ends being circumferentially spaced apart; electrically con-

necting the electrically conductive coating disposed adjacent to said high voltage winding, to said high voltage winding; winding a strip of electrically conductive material having a predetermined width on said second pre-formed solid insulating structure, to form a second low voltage winding and also complete a second duct between the first and second circumferentially spaced ends of said second pre-formed solid insulating structure; electrically connecting the remaining electrically conductive coating on said second pre-formed solid insulating structure to said second low voltage winding; casting a resinous insulating material about the first and second coaxially disposed ends of said high voltage winding, by introducing said resinous material at one end of said high voltage winding and using said first and second ducts to direct said resinous material to the other end; and curing said resinous material to form cast solid insulation which insulates the ends of said high voltage winding from said low voltage windings and ground, and which fills said first and second ducts to prevent the formation of corona therein.

6. The method of constructing the electrical winding assembly of claim 5, including the step of coating the exposed portions of said first and second low voltage windings with electrical insulating means, for mechanical protection.

7. The method of constructing the electrical winding assembly of claim 5 wherein the strip width dimension of which said first and second low voltage windings are wound exceeds the strip width dimension of which said high voltage winding is wound, which provides a cavity at each end of said high voltage winding for receiving said cast resinous insulation.

8. The method of constructing the electrical winding assembly of claim 5 wherein the strip of which said first and second low voltage, and said high voltage windings are formed has a coating of adhesive on at least one side thereof, and including the step of heating said first and second low voltage and high voltage windings prior to the step of casting the resinous insulating material, to consolidate said windings and stabilize their dimensions.

References Cited

UNITED STATES PATENTS

1,837,245	12/1931	Wheeler	336—70 XR
2,998,583	8/1961	Worcester	336—206 XR
3,084,299	4/1963	Lord	336—70
3,265,998	8/1966	Park	336—70

LEWIS H. MYERS, *Primary Examiner*.

THOMAS J. KOZMA, *Assistant Examiner*.

U.S. Cl. X.R.

29—605; 336—84, 96, 232

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.